知识管理论坛 ISSN 2095-5472 CN11-6036/C
Knowledge Management Forum

E-mail: kmf@mail.las.ac.cn
http://www.kmf.ac.cn

【学术探索】

专利前向引用遵循 Logistic 扩散模型再验证

◎ 张娴[1] 田鹏伟[1,2] 茹丽洁[1,2] 许海云[1]

[1] 中国科学院成都文献情报中心 成都 610041
[2] 中国科学院大学 北京 100190

摘要：[目的 / 意义] 专利引用是一种达成技术扩散效果的行为，研究专利前向引用行为特点是测度技术扩散模式的一个重要视角。[方法 / 过程] 以石墨烯传感器技术领域为例，对专利的前向引用趋势进行 Logistic 回归分析，验证技术领域的扩散模型；与相关研究方法与结果进行比较。[结果 / 结论] 验证了专利前向引用符合 Logistic 扩散模型，是研究技术扩散的可靠视角；将已有研究结论 " 某一领域中基础核心专利的前向引用遵循 Logistic 扩散模型 " 进一步拓展为 " 某领域专利的前向引用遵循 Logistic 扩散模型 "。

关键词：技术扩散 专利引用 Logistic 模型 石墨烯传感器

分类号：G306

引用格式：张娴 , 田鹏伟 , 茹丽洁 , 许海云 . 专利前向引用遵循 Logistic 扩散模型再验证 [J/OL]. 知识管理论坛 , 2017, 2(2): 110-119[引用日期]. http://www.kmf.ac.cn/p/1/105/.

技术扩散理论由 E. M. Rogers 提出，认为技术扩散是一项新技术透过通路散播到最终采用者或使用者的过程 [1]。经典的技术发展模型表明从基础研发到技术商业化应用是一条简单线性路径，但实践中技术扩散往往更表现为一个复杂的迭代过程 [2]。许多研究比较了不同模型在技术扩散研究中的应用效果 [3-5]，实证结果认为由于技术扩散方式受内部因素的影响更甚于外部因素，因此 Logistic 生长模型（其理论基础偏重于内部影响力）更适于研究科技创新的扩散模式 [6]。专利是技术扩散的重要途径之一，尤其是专利的前向引用行为反映了专利技术问世之后的被采用历程，已被学者们认同为一种更具有技术扩散意义的行为 [7-8]。专利引用数据已被许多学者视为测度技术扩散的客观、成熟指标 [9-11]。利用专利前向引用行为来测度技术扩散行为，已成为技术扩散模式特点的一个重要研究视角。

本文采用专利前向引用行为作为技术扩散活动的客观表征，以石墨烯传感器领域为例，基于领域内种子专利及其前、后向引用专利构建了技术领域专利集合，基于领域内所有专利的前向引用趋势进行 Logistic 回归分析，验证了领域内专利前向引用遵循 Logistic 扩散模型。通过

基金项目：本文系四川省软科学研究计划项目 " 新常态下在川科研机构技术转移信息服务研究 "（项目编号：2016ZR0100）研究成果之一。

作者简介：张娴（ORCID：0000-0002-6297-1190）, 副主任, 副研究员 , E-mail：zhangx@clas.ac.cn; 田鹏伟（ORCID：0000-0001-6784-3617），硕士研究生；茹丽洁（ORCID：0000-0002-3280-8739），硕士研究生；许海云（ORCID：0000-0002-7453-3331），副研究员。

收稿日期：2016-12-01 发表日期：2017-03-13 本文责任编辑：王善军

知识管理论坛，2017(2):110–119
DOI：10.13266/j.issn.2095–5472.2017.012

与 M. H. Fallah 和 E.Fishman 等 [12] 及张晓强等 [13] 研究的比较：①再次验证了专利前向引用符合 Logistic 扩散模型，可以作为技术扩散的可靠研究视角；②实验证实可将张晓强等研究结论“某一领域中基础核心专利的前向引用遵循 Logistic 扩散模型”进一步拓展为“某领域专利的前向引用遵循 Logistic 扩散模型”；③对 Logistic 回归拟合研究的实验方法与结果进行了讨论。

1 相关概念

1.1 专利引用与技术扩散

专利间的引用关系是一种达成技术扩散效果的行为 [14]。在后专利技术对在先专利技术的引用关系中，产生了技术与知识的流动、传递和扩散，促进了技术的开发与商业化。A. B. Jaffe 等最早运用专利数据开展技术扩散研究，利用专利引证信息分析了国家间的知识外溢 [11]。多项研究表明专利引用与专利价值、技术扩散存在关联关系，如 S. B. Chang 等推论了前向引用、技术扩散与专利价值之间的相关性 [15]。

黄鲁成等 [16] 较全面地总结了当前基于专利引用关系的技术扩散研究现状，将现有研究内容归纳为 6 个主要方面：①运用专利引证信息的国家间知识外溢与扩散分析；②专利流动对生产率及研发产出的影响；③同一产业或不同产业间的知识流动和技术扩散；④专利引证和网络分析方法结合的技术扩散研究；⑤利用专利或专利引用数据的技术扩散曲线研究，反映技术扩散的阶段；⑥基于扩散模型的技术扩散预测。他们还分析了现有研究的一些不足与局限，包括：未能很好地反映技术扩散历程中的动态变化；相比于国家间技术扩散研究，关于技术（产业）领域内（间）的扩散研究数量少且不够深入；对潜在应用领域或应用产业的扩散前景的探索和预测有待加强。

1.2 Logistic 扩散模型

Logistic 方程最早由比利时数学家 P. F. Verhulst 于 1838 年提出，在 20 世纪 20 年代受到生物学家与统计学家的重视，它能较好描述某些有界增长现象，在预测学、信息科学、生物学、农业学和经济学领域有广泛应用 [17]。Logistic 方程可以表示为：

$$Y(t)=\frac{1}{1+Be^{-kt}}$$

其中：Y(t) 是衡量 t 时刻的绩效参数，在技术扩散研究中，代表 t 时刻的扩散程度；L 是参数 Y 的成长上限，代表技术扩散的饱和程度；t 是时间；B 是曲线拐线，代表生长扩散的转折点；k 是曲线的斜率，代表扩散速率。B、k 由回归方程式求出。

Logistic 模型已被应用于技术扩散轨道比较、技术扩散模式特点研究、技术扩散影响因素分析与趋势预测等 [6,18-19]。2009 年 M. H. Fallah 与 E.Fishman 等选取生物技术、电信技术、可替代能源技术 3 个领域中的 Top5 高被引用专利，分别基于其前向引用频次进行了线性、二次、S 型以及 Logistic 模型的拟合分析，认为 Logistic 模型拟合的显著性较低，其余 3 种模型的拟合程度较高 [12]。2014 年张晓强等以巨磁阻领域的 1 件基础核心专利为例进行 Logistic 回归分析，得到实验结论“某一领域中基础核心专利的前向引用遵循 Logistic 扩散模型”[13]。

2 提出假设

本文认为，M. H. Fallah 与 E.Fishman、张晓强等的研究，分别选取领域内高被引专利、基础核心专利为研究对象，所拟合的技术扩散特点是否真的能够反映出整个技术领域的技术扩散趋势，两项研究对此并未加以严谨论证。事实上，高被引专利或基础核心专利，都只是领域内的极少数个体，占领域绝大多数的是大量的低频被引专利。因此，本文认为上述两项研究可以回答某技术领域内基础（或核心）专利的技术扩散特点满足 Logistic 扩散模型，但尚未能有效验证技术领域整体的专利技术扩散趋势符合 Logistic 扩散模型。

因此，本文将以技术领域内所有专利的前向引用发展趋势来表征该领域的技术扩散程

度，提出研究假设：技术领域内所有专利的前向引用遵循 Logistic 扩散模型。并将就这一假设进行检验。

3 实验研究

本文以石墨烯传感器领域作为研究对象。由于结构独特，集优异的电学、力学、光学、化学、热学等特性于一体，石墨烯被认为是形成纳米尺寸晶体管和电路的"后硅时代"的新潜力材料，其潜在应用领域包括高速晶体管、光学调制器、（柔性）透明电极、印刷电子、新型复合材料、超灵敏传感器、新型催化剂、基因测序、储能装置等[20]。目前，石墨烯已成为物理学界与材料科学界最热门的研究主题之一，各国纷纷将石墨烯技术作为长期战略发展方向，专利申请活跃，对其专利活动特点的分析研究也受到关注。其次，石墨烯技术在诸多领域具有应用潜能，目前其应用相关专利已涉及电子器件、能源、光电器件、材料、化学、生物医用等 6 个主要领域[21-22]。因此，石墨烯领域相关专利的引用关系，更能够反映出丰富的技术扩散信息。

3.1 数据准备

3.1.1 数据源选取

本研究以汤森路透集团的德温特创新索引（Derwent Innovations Index，DII）作为数据源。DII 收录了来自世界 40 多个专利机构的 1000 多万件基本发明专利，3000 多万件专利，数据可回溯至 1963 年，并且所有专利文献都以专利家族为单位进行组织的，可对世界主要国家 / 地区进行比较全面的对比分析。

3.1.2 数据集构建策略

本研究采取以下步骤构造分析对象数据集：①确定一批技术主题高度相关专利，建立种子专利集合；②提取各种子专利的前向、后向引用关系，采集被这些种子专利所引用的在先被引专利、引用这些种子专利的在后施引专利；③将种子专利、被引专利、施引专利合并，构成数据样本集合。

石墨烯专利最早出现于 2000 年，2004 年获得了制备技术重大突破。考虑到专利自申请日至公布日之间存在一定时滞、在先专利公布之后被在后专利技术引用需要一定的技术与市场发展过程、在后施引行为的发生日至公布日也存在时滞，因此本文将种子专利的申请年范围限定为 2000 至 2011 年，以保障获得更丰富的引用信息。

此外，为避免不同国家（组织）对专利申请、授权的司法规定差异对研究结果造成影响，本文将研究对象限定为美国专利。

3.1.3 样本集构建

检索策略如表 1 所示，获得原始专利数据共 149 项，经判断内容相关性，筛选得到 126 项，作为本研究中石墨烯传感器的种子专利。

表 1 石墨烯传感器专利检索策略

序号	检索策略
# 1	TS=(sensor* or transducer* or (sensing same (element* or devic* or unit* or organ* or apparatus* or system*)) or (sense same organ*) or Photosensor* or microsensor* or chemosensor* or ultisensory* or hypersensor*) database =Cderwent, Ederwent, Mderwent Timespan =2000-2011
# 2	TS=(graphene*) database =Cderwent, Ederwent, Mderwent Timespan =2000-2011
#3	PN=(US*)
# 3	#1 and #2 and #3 database =CDerwent, EDerwent, MDerwent Timespan =2000-2011

知识管理论坛，2017(2):110-119

DOI：10.13266/j.issn.2095-5472.2017.012

提取 126 项种子专利的在先引用、在后施引的美国专利。为确保数据样本能够尽量充分地反映技术扩散链，采集了 2 代在先引用的美国专利。将种子专利与引用专利合并，一共得到 26537 件美国专利，作为本研究的数据分析样本集合。

3.2 数据特征观测

按申请年对专利进行分组，26537 件美国专利涉及的申请年从 1961 年至 2015 年，由此得到 55 组专利。对每组专利，统计从申请年至今的历年被引用频次，得到 55 组专利前向引用趋势变化数据。为避免专利数据公布时滞影响研究结果，选择了 1961 年至 2010 年申请的 50 组被引频次变化数据，作为本研究的观测样本值。表 2 是 50 组专利在申请年后历年的当年被引频次统计量。表 3 是 50 组专利在申请年后历年的累积被引频次统计量。

表 2 石墨烯传感器专利被引频次（申请后 T 年当年量）

申请年	数量	被引频次（自申请后 T 年当年）										
		1	2	3	4	5	……	49	50	51	52	53
1961	18	1	4	2	2	12	……	49	42	51	13	18
1962	31	0	11	9	14	16	……	80	26	44	35	
1963	24	0	9	15	23	12	……	58	46	26		
1964	31	8	7	17	19	14	……	42	25			
1965	28	2	6	11	8	13	……	14				
1966	54	5	14	9	22	21	……					
1967	45	1	6	13	22	29	……					
1968	56	1	5	11	20	27	……					
……	……	……	……	……	……	……	……					
2009	620	1153	2173	2986	3338	2807						
2010	454	742	1423	1775	1713							

表 3 石墨烯传感器专利被引频次（申请后 T 年累积量）

申请年	数量	被引频次（自申请后 T 年累积）										
		1	2	3	4	5	……	49	50	51	52	53
1961	18	1	5	7	9	21	……	541	583	634	647	665
1962	31	0	11	20	34	50	……	1231	1257	1301	1336	
1963	24	0	9	24	47	59	……	1653	1699	1725		
1964	31	8	15	32	51	65	……	1285	1310			
1965	28	2	8	19	27	40	……	1179				
1966	54	5	19	28	50	71	……					
1967	45	1	7	20	42	71	……					
1968	56	1	6	17	37	64	……					
……	……	……	……	……	……	……	……					
2009	620	1153	3326	6312	9650	12457						
2010	454	742	2165	3940	5653							



通过散点图观测发现，50 组专利的前向被引频次发展趋势，符合技术扩散模型的特点，即：每个时期的统计量（当年被引频次）遵循钟型曲线（如图 1 所示），叠加统计量（累积被引频次）遵循 S 型曲线（如图 2 所示）。

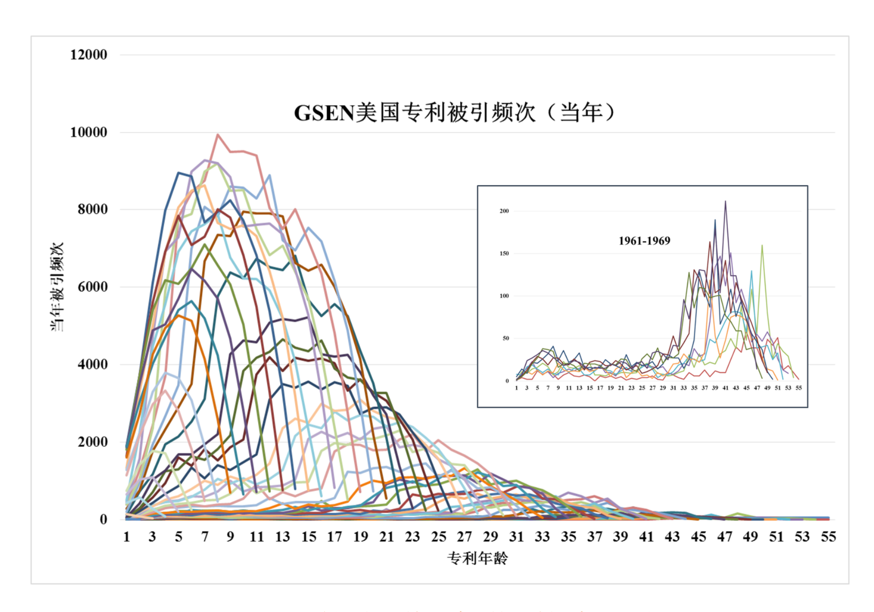


图 1 石墨烯传感器美国专利被引频次（当年）

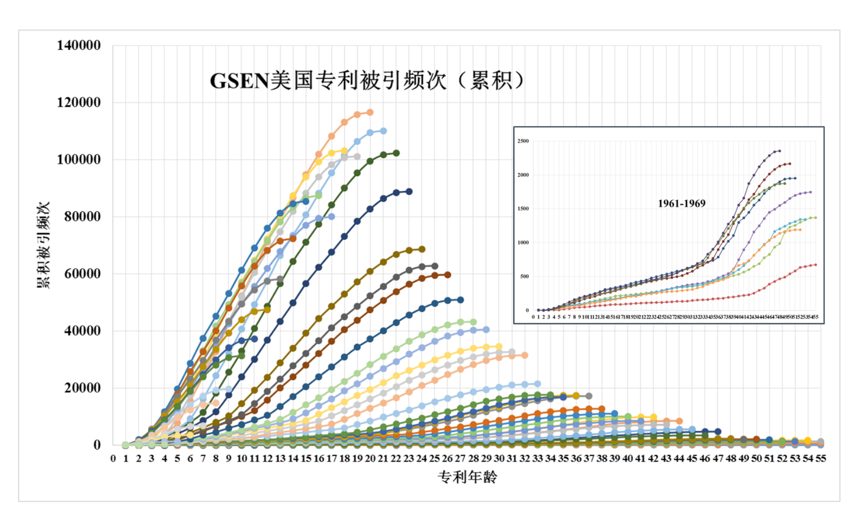


图 2 石墨烯传感器美国专利被引频次（累积）

3.3 Logistic 曲线拟合

3.3.1 数据观测变量

50 组观测数据（见表 3）反映出，石墨烯传感器领域专利技术的扩散速率有所差异，会受到专利年龄的影响。例如，早期公布的专利技术可能由于尚处于萌芽阶段，专利体量不大，扩散速度受到限制；而后期产生的技术虽可能因体量庞大而影响面较广，但同时也会因问世时间不长因而被引链较短。

因此，本文选取 50 组观测数据的中段 5 组（1986-1990 年组），以 5 组观测值之和作为实验变量（见表 4），用以开展石墨烯传感器领域的专利技术扩散曲线拟合分析，以便更好地反映领域技术扩散的稳态特点。

知识管理论坛，2017(2):110–119
DOI：10.13266/j.issn.2095–5472.2017.012

表 4 石墨烯传感器专利累积被引频次（1986–1990 年专利申请）

专利年龄（t）	累积被引频次（Y）	专利年龄（t）	累积被引频次（Y）
1	194	14	62 366
2	1 089	15	73 939
3	2 857	16	86 706
4	5 332	17	99 962
5	8 204	18	112 993
6	11 988	19	1257 08
7	15 921	20	138 482
8	20 522	21	151 033
9	25 555	22	163 024
10	30 834	23	173 611
11	36 119	24	183 187
12	43 409	25	190 895
13	52 191	26	196 252

运用 SPSS 19.0 软件对表 4 实验变量数据分别进行了线性、对数、二次、指数以及 Logistic 模型的拟合分析。拟合函数图见图 3。模型的参数估计值见表 5。根据表 5 中的 R 方，显示二次、线性、Logistic 等 3 种模型的拟合效果较好。二次模型的拟合效果最好，但显然并不符合实际情况，因为专利累积被引频次只会保持递增，不会出现二次模型中变量将在某一时点开始下降的特点。同时，从数据实际观测特点可知，线性模型也不符合数据真实特点。因而，该实验数据的 Logistic 模型拟合效果显著。

3.3.2 曲线回归拟合过程 L 值估计

Logistic 方程参数（包括最大值 L）估计方法很多 [23]，本文采用尝试法。选取比所有 Y_i 观测值稍大的数作为 L 的初值，然后以一定步长增长，每设定一个 L_i 值，计算相应的参数估计值，比较相应函数模型的拟合结果，直到得到最佳拟合效果。

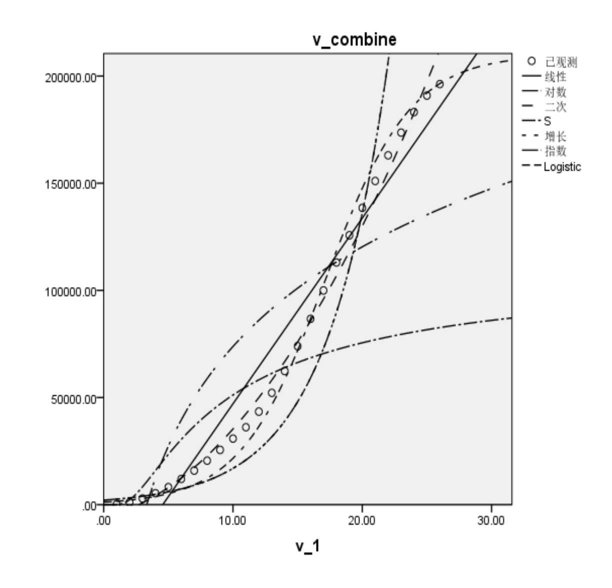


图 3 石墨烯传感器模型拟合函数图

表 5 六种模型的参数估计值

方程	模型汇总					参数估计值		
	R 方	F	df1	df2	Sig.	常数	b1	b2
线性	.952	476.018	1	24	.000	-39576.628	8664.858	
二次	.993	1532.882	2	23	.000	-5911.508	1450.904	267.183
Logistic	.951	462.191	1	24	.000	.001	.739	
S	.820	109.230	1	24	.000	11.622	-7.792	
增长	.829	116.553	1	24	.000	7.651	.209	
指数	.829	116.553	1	24	.000	2103.413	.209	

基于表 4 观测值情况，通过尝试法，设定 L 值取值为 210000。

3.3.3 曲线回归拟合过程

在 SPSS 19.0 软件中，选择曲线回归（curve estimation regression）功能，按提示输入 Y(t) 作为因变量、t 值作为自变量，选择 Logistic 模型，键入最大值参数 L 的估计值，选择进行方差分析并输出检验结果（display ANOVA table）。执行设定程序。实验拟合结果：

L=210000，b_0=0.001，b_1=0.739，

则有：$k=\ln(b_1)=-0.3025, B=L*b_0=210,$

$kY=\dfrac{L}{1+Be^{-kt}}=\dfrac{210000}{1+210*e^{-0.3025t}}$，$R^2$=0.951。

根据 SPSS 的分析结果，该实验案例中 Logistic 模型拟合效果较好，经验证，技术领域内专利前向引用确实遵循了 Logistic 技术扩散模型。

4 结果讨论

4.1 数据对象选取的代表性

M. H. oseinFallah 和 E.Fishman 等的研究中，选取了领域内被引频次居前 10 位的高被引专利作为分析对象，认为高被引专利代表了领域内的关键突破性发明。张晓强等选取领域内具有基础核心作用的 1 件专利，认为一方面它具有极强的领域代表性，其前向引用可以说明该领域的发展程度以及扩散程度，另一方面它具有较强的应用性，对技术发展具有反向促进作用，因而能够保证该专利技术的扩散和技术创新扩散之间具有较强的一致性。上述两项研究在本质上，都是以技术领域内的极个别专利代表了领域整体，以这些个体专利的前向引用趋势代表整个领域的技术扩散趋势。

本文认为这两项研究可以回答领域内基础（或核心）专利的技术扩散特点满足技术扩散模型，但对于证明领域整体（尤其是其中大量的低频被引专利）均满足该特点，还缺乏足够的严谨性。本研究基于领域内种子专利及其前、后向引用专利，构建了相关技术专利集合来代表技术领域整体，基于集合内所有专利的前向引用趋势特点来分析领域技术扩散趋势，因此在专利选取上，本研究的数据对象选取方式更能够代表技术领域整体。

4.2 引用趋势发展的稳态性

M. H. Fallah 和 E.Fishman 等在研究中先后选取领域内被引频次 Top5、Top1 的专利进行分析。由于分析对象的规模有限，很难排除随机因素对引用频次变化趋势的干扰，从该文中累积引用量趋势图（见图 4、图 5）不难观察到可能存在的奇异样本对曲线形态形成了一定影响。

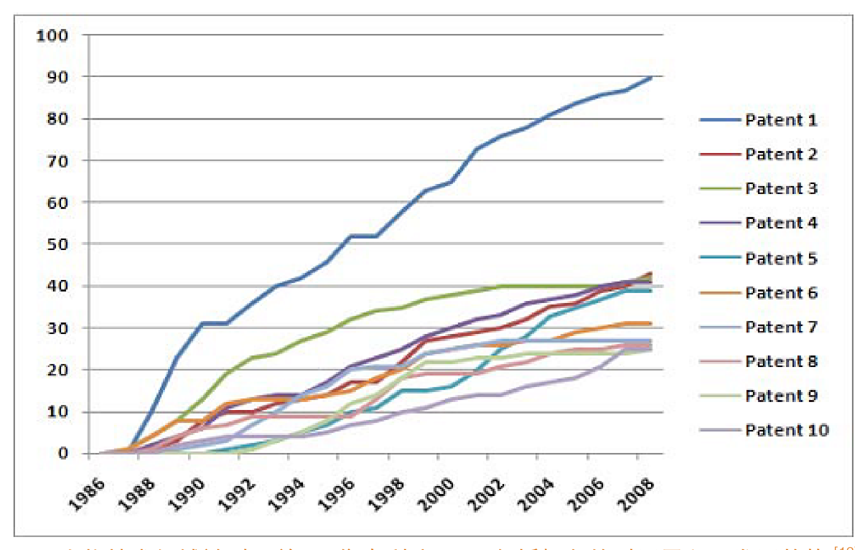


图 4 生物技术领域被引量前 10 位专利（1986 年授权）的引用累积量发展趋势 [12]

知识管理论坛，2017(2):110–119
DOI：10.13266/j.issn.2095–5472.2017.012

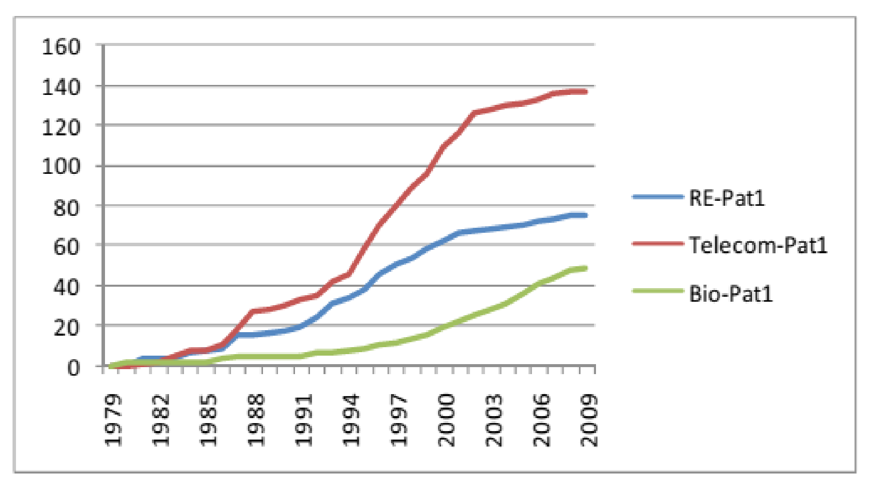


图 5 三领域被引量最高位专利（1979 年授权）的累积引用量发展趋势[12]

本研究在石墨烯传感器领域 50 年（1961-2010）专利产出中，选取了中段位（1986-1990 年）专利产出的前向引用累积量为分析样本，较好地避免了随机因素对稀薄样本量可能造成的干扰。同时，基本 5 年专利产出总量，既兼具了区间内历年的趋势特点，又通过分组求和平滑处理，克服了个别年份、个别专利受随机因素干扰可能造成的奇异样本，使模型的拟合更标准化，因此，拟合结果更具有领域整体代表性。

4.3 最大值参数估计对模型拟合效果的影响

张晓强等研究指出，M. H. Fallah 和 E.Fishman 因为未设置 Logistic 上限，因此导致模型拟合显著性低。本文在研究实施过程中，曾尝试过利用灰色系统 GM（1，1）模型建模方法进行参数估计，但根据所得 L 预测值的拟合结果与实际观测情况差距较大，证实了张晓强等研究指出的最大值参数估计对模型拟效结果存在重大影响。

灰色系统理论是一种研究少数据、贫信息的不确定性问题的新方法，灰色预测的应用范围很广，但仍然存在一个适用性问题，需要根据预测问题的本身特质来定。例如，当预测问题本身有内部机理，比如数据符合某函数特点时，灰色预测就很可能不是最适合的，应该选择拟合或回归方法[24]。再如，灰色预测模型的数据应具有某种单调性，并且增加或是减小的幅度也应具有某种单调性，这些是判断数据是否适合 GM（1，1）模型的理论依据[25]。本研究中的实验尝试反映出灰色预测法在本研究场景中存在的局限性。

4.4 专利引用 Logistic 曲线研究可能存在的应用场景

Logistic 模型是成长曲线法的一种重要应用，本质上是一种利用过去数据的变化趋势作机械性的向外延伸推测的方法。它是扩散理论和社会学习理论的一种体现，反映出社会模拟、传播、交流的特点。

在先专利技术被在后专利引用，代表了在先发明创新思想得到在后申请人的关注甚至接纳。专利前向引用发展趋势在一定程度上反映了专利技术问世后被公众和市场接纳的过程、技术领域的成长过程。因此，专利前向引用趋势的 Logistic 模型拟合分析，除可研究技术扩散行为特点外，还可应用于技术领域生长特点研究，根据引用发展趋势，结合 Logistic 曲线的最大值、拐点、时间等参数，分析和预测技术领域的成长极限、发展转折点、老化速率等；结合更多技术主题特征项，还可用于技术演化特点分析、技术或产品成熟度预测等。

5 结论

本文在 M. H. Fallah 和 E.Fishman、张晓强

等的研究基础上，再次验证了专利前向引用遵循 Logisitc 扩散模型。与已有研究相比，本文通过更加优化设计的实验验证，认为不仅仅是技术领域内的高被引专利，而是整个技术领域的扩散行为，都是符合 Logistic 扩散模型特点的。因此，本文将前人已有研究结论"某一领域中基础核心专利的前向引用遵循 Logistic 扩散模型"，进一步拓展为"某领域专利的前向引用遵循 Logistic 扩散模型"。本文设计的实验方法与具体实施结果，验证了该假设的有效性，但还有待在更多不同技术领域的实验验证。此外，根据成长曲线法的基本原理，本文提出"专利前向引用遵循 Logistic 扩散模型"特点在技术成熟度、技术演化分析等其它问题场景中也可能发挥作用，其研究与应用意义还有待更深入的发掘。

参考文献：

[1] ROGERS E M. Diffusion of innovation[M]. 3rd ed. New York: The Free Press, 1983.

[2] EDQUIST C, JACOBSSON S. Flexible automation: the global diffusion of new technology in the engineering industry[M]. Oxford: Basil Blackwell, 1988.

[3] CHU W L, WU F S, KAO K S, et al. Diffusion of mobile telephony: an empirical study in Taiwan[J]. Telecommunications policy，2009, 33(9): 506-520.

[4] LUNDWALL B A. National systems of innovation: towards a theory of innovation and interactive learning[M]. London: Anthem Press, 1992.

[5] TENG J T C, GROVER V, GUTTLER W. Information technology innovations: general diffusion patterns and its relationships to innovation characteristics[J]. IEEE transactions onengineering management, 2002, 49(1): 13–27.

[6] WONG C Y, THIRUCELVAM K, RATNAVELU K. Diffusion trajectories of emerging sciences in Malaysian R&D system[J]. Technological forecasting &social change, 2010, 77(7): 1109-1125.

[7] NARIN F, HAMILTON K S, OLIVASTRO D. The increasing linkage between US technology and public science[J]. Research policy, 1997, 26(3): 317-330.

[8] 赖奎魁 , 张善斌 . 建构商业方法技术扩散模式 : 整合专利引证及贝氏模式 [J]. 科技管理学刊 , 2004, 9(1): 1-34.

[9] BREITZMAN A F, MOGEE M E. The many applications of patent analysis[J]. Journal of information science, 2002, 28(3): 187-205.

[10] MEYER M. Does science push technology? Patents citing scientific literature[J]. Research policy, 2000, 29(3): 409-434.

[11] JAFFE A B, TRAJTENBERG M, HENDERSON R. Geographic localization of knowledge spillovers as evidenced by patent citations[J]. Quarterly journal of economics, 1993, 108(3): 577-598.

[12] FALLAH M H, FISHMAN E, REILLY R R. Forward patent citations as predictive measures for diffusion of emerging technologies[C]//Portland: PICMET, 2009: 420-427.

[13] 张晓强 , 戴吾三 , 杨君游 . 专利前向引用是否遵循 Logistic 扩散模型 [J]. 情报杂志 , 2014, 33(6): 40-43, 65.

[14] 王秀山 . 专利情报的传播机制与传播模式 [J]. 中国信息导报 , 1995(7): 19-20.

[15] CHANG S B, LAUI K, CHANG S M. Exploring technology diffusion and classification of business method patents: using the patent citation network[J]. Technological forecasting &social change, 2009, 76(1): 107-117.

[16] 黄鲁成 , 王宁 . 专利视角下的技术扩散研究综述 [J]. 科学学与科学技术管理 , 2011, 32(10): 27-34.

[17] 朱正元 , 陈伟侯 , 陈丰 . Logistic 曲线与 Gompertz 曲线的比较研究 [J]. 数学的实践与认识 , 2003(10): 66-71.

[18] CHEN Y H, CHEN C Y, LEE S C. Technology forecasting and patent strategy of hydrogen energy and fuel cell technologies[J]. International journal of hydrogen energy, 2011, 36(12): 6957-6969.

[19] FRANK L D. An analysis of the effect of the economic situation on modeling and forecasting the diffusion of wireless communications in Finland[J]. Technology forecast &social change, 2004, 71(4): 391-403.

[20] Science News Staff. Breakthrough of the year: the runners-up[J]. Science, 2009, 326 (5960): 1600-1607.

[21] 马廷灿 , 万勇 , 冯瑞华 . 石墨烯专利技术国际研发态势分析 [J]. 科学观察 , 2012, 7(3): 25-36.

[22] 陈长益 , 吴华珠 . 我国石墨烯领域专利信息可视化分析 [J]. 现代情报 , 2014, 34(3): 120-124.

[23] 章元明 , 盖钧镒 . Logistic 模型的参数估计 [J]. 四川畜牧兽医学院学报 , 1994, 8(2): 47-52.

[24] 卢懿 . 灰色预测模型的研究及其应用 [D]. 杭州 : 浙江理工大学 , 2014.

[25] 陈子锦 , 王福亮 , 陆守香 . 灰色预测模型 GM(1,1) 的适用性分析及在火灾风险预测中的应用 [J]. 中国工程科

知识管理论坛，2017(2):110-119
DOI：10.13266/j.issn.2095-5472.2017.012

学，2007,9(5): 91-94.

作者贡献说明：
张　娴：研究方案设计，研究过程实施，论文撰写；
田鹏伟：数据分析；
茹丽洁：数据分析；
许海云：研究方案补充。

The Re-validation of the Logistic Diffusion Model Applying for the Growing Pattern of Patent Forward Citations

Zhang Xian[1] Tian Pengwei[1,2] Ru Lijie[1,2] Xu Haiyun[1]
1. Chengdu Library and Information Center, Chinese Academy of Science, Chengdu 610041;
2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190

Abstract: [Purpose/significance] The patent citation is a kind of behavior that can reveal the pattern of technology diffusion. It is an important research tool to infer the technology diffusion behavior by using the patent forward citations. **[Method/process]** In this study, we fit the cumulative forward citations to the Logistic model again for Graphene sensor with the optimized experiment method. We analyzed and discussed the differences of the methods and results with the previous two studies, which were held by Hosein Fallah and Elliot Fishman in 2009 and Zhang Xiaoqiang et al. in 2014. **[Result/conclusion]** It is re-verified that the patent forward citations infer the model of technology diffusion. And a further hypothesis based on the previous studies that the pattern of the forward citations of all the patents within a certain technical field follows the Logistic diffusion model is further confirmed.

Keywords: technology diffusion　patent citation　Logistic model　graphene sensor